

**DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA PLANEJAMENTO DA  
MANUTENÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS EM ÁGUAS  
PROFUNDAS**

**HELDER MAMEDE FROTA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF  
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO - LENEP**

**MACAÉ - RJ  
DEZEMBRO - 2003**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

# **DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS EM ÁGUAS PROFUNDAS**

**HELDER MAMEDE FROTA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Reservatório e de Exploração

Orientador: Antônio Carlos V. M. Lage

MACAÉ - RJ  
DEZEMBRO - 2003

622.338

F941d

2003

Frota, Helder Mamede.

Desenvolvimento de método para planejamento da manutenção de poços petrolíferos em águas profundas / Helder Mamede Frota. --- Macaé: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro / Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo, 2003.

xv, 149p. : il.

Bibliografia

Tese de mestrado em Engenharia de Reservatório e de Exploração.

1. Engenharia de petróleo – tese. 2. Manutenção em poços – planejamento – tese. 3. Engenharia de confiabilidade - tese. 4. Análise de falhas – tese. I. Título.

# DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS EM ÁGUAS PROFUNDAS

**HELDER MAMEDE FROTA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Reservatório e de Exploração

Aprovada em 05 de dezembro de 2003

Comissão Examinadora:

---

Prof. Paulo Roberto Ribeiro (Ph.D., Engenharia de Petróleo – UNICAMP)

---

Rosana Fátima Teixeira Lomba (Ph.D., Engenharia de Petróleo - PETROBRAS)

---

Prof. Wellington Campos (Ph.D., Engenharia de Petróleo – UENF/CCT/LENEP)

---

Prof. Antônio Carlos Vieira Martins Lage (Ph.D., Engenharia de Petróleo - PETROBRAS) (Orientador)

À minha esposa Eveline e ao meu querido filho Helder Mamede Frota Filho que me incentivaram a buscar um novo aprendizado e a tornar este projeto realidade.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, Supremo Criador, que tornou possível a realização deste trabalho, minha máxima homenagem e o meu mais profundo reconhecimento.

À minha mãe, Helena, responsável pela minha alfabetização e ao meu pai, Francisco Mozart, pela minha formação acadêmica. Por todo o apoio e incentivo, minha gratidão.

Ao orientador Antônio Carlos V. M. Lage (PETROBRAS) pelo apoio durante todo o trabalho, pelo interesse, dedicação, críticas e sugestões na orientação desta dissertação.

Ao engenheiro Ricardo de Melo e Silva Accioly (PETROBRAS) pela indicação de diversas referências bibliográficas e pelo tempo despendido na orientação para a análise e preparação prévia dos dados.

A PETROBRAS, representada pelo engenheiro Ricardo Juniti Bernardo que desde cedo soube valorizar e reconhecer o alcance deste trabalho. Por todo o apoio e compreensão quanto aos recursos necessários à realização deste projeto.

Aos professores da UENF pela compreensão e incentivo durante todo o curso.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	1
1.2 MOTIVAÇÃO DO ESTUDO .....	2
1.3 ABRANGÊNCIA DO ESTUDO .....	3
1.4 DADOS COLETADOS .....	4
1.4.1 Definição do Sistema Poço .....	7
1.4.2 Operações de Manutenção em Poços .....	13
1.4.3 Definição do Conceito de Falhas para o Sistema Poço .....	15
1.4.4 Hipóteses Básicas Relativas aos Dados .....	16
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
2.1 HISTÓRICO / MODELOS DE SOBREVIVÊNCIA / CONFIABILIDADE .....	17
2.2 MODELOS DE SOBREVIVÊNCIA NA ENGENHARIA DE POÇOS .....	18
2.3 CONCEITOS BÁSICOS .....	23
2.3.1 Conceito de Confiabilidade .....	23
2.3.2 Conceito de Taxa de Falha .....	26
2.3.3 Conceito de Censura .....	28
2.3.3.1 Tipos de Censura .....	29
2.4 ANÁLISE NÃO PARAMÉTRICA .....	30

2.5	MODELOS DE TEMPO DE VIDA: DISTRIBUIÇÕES .....	31
2.5.1	Distribuição Exponencial 1 .....	32
2.5.2	Distribuição Exponencial 2 .....	34
2.5.3	Distribuição de Weibull 2 .....	34
2.5.4	Distribuição de Weibull 3 .....	35
2.5.5	Distribuição Normal .....	36
2.5.6	Distribuição Lognormal .....	36
2.6	INFERÊNCIA PARA MODELOS DE SOBREVIVÊNCIA .....	37
2.6.1	Método da Máxima Verossimilhança .....	38
2.6.2	Teoria dos Estimadores de Máxima Verossimilhança .....	40
2.6.3	Máxima Verossimilhança Aplicados a Dados Censurados .....	41
2.6.4	Testes de Hipóteses .....	43
<b>CAPÍTULO 3 – COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS</b>		<b>46</b>
3.1	INTRODUÇÃO .....	46
3.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	46
3.3	BANCOS DE DADOS EXISTENTES .....	47
3.3.1	NewBD .....	47
3.3.2	SDC .....	48
3.3.3	SEP .....	48
3.3.4	DIMS .....	49
3.3.5	BDCA .....	49
3.3.6	CRONOGRAMA .....	50
3.3.7	PROGRAMA DE INTERVENÇÃO .....	50
3.3.8	ADiP/SaD .....	51
3.3.9	SIP .....	51
3.4	DADOS COLETADOS .....	54
3.5	METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS .....	55
3.6	CRITÉRIOS E CONDIÇÕES DE CONTORNO / PREMISSAS .....	56
3.7	CONFIABILIDADE DOS BANCOS DE DADOS .....	58
3.8	TABULAÇÃO DOS DADOS .....	59
3.9	INTERPRETAÇÃO GRÁFICA DOS DADOS .....	59
3.10	CURVA DE APRENDIZADO .....	69
<b>CAPÍTULO 4 - APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE / ANÁLISE PROBABILÍSTICA.</b>		<b>71</b>
4.1	INTRODUÇÃO .....	71
4.2	O PROGRAMA “WEIBULL ++ 6.0” .....	72
4.3	ANÁLISE DAS FALHAS .....	72
4.4	ANÁLISE DOS POÇOS PRODUTORES .....	73
4.4.1	AJUSTE DE WEIBULL PARA OS POÇOS PRODUTORES .....	80
4.4.2	COMPETIÇÃO ENTRE MODOS DE FALHAS .....	91
4.5	ANÁLISE DOS POÇOS INJETORES .....	106
4.5.1	AJUSTE DE WEIBULL PARA OS POÇOS INJETORES .....	113

<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>124</b>
5.1 CONCLUSÕES .....	124
5.2 RECOMENDAÇÕES .....	126
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>128</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>141</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1.: ESQUEMA DOS TIPOS DE POÇOS QUANTO À TRAJETÓRIA .....	10
FIGURA 1.2.: ESQUEMA DE POÇO PRODUTOR VERTICAL SUBMARINO TÍPICO .....	11
FIGURA 1.3.: ESQUEMA DE POÇO INJETOR HORIZONTAL SUBMARINO TÍPICO .....	12
FIGURA 2.1.: CURVA DA BANHEIRA .....	28
FIGURA 3.1.: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS .....	53
FIGURA 3.2.: PANORAMA GERAL DAS INTERVENÇÕES EM POÇOS .....	61
FIGURA 3.3.: PANORAMA GERAL DAS INTERVENÇÕES EM POÇOS PRODUTORES .....	63
FIGURA 3.4.: PANORAMA GERAL DAS INTERVENÇÕES EM POÇOS INJETORES .....	65
FIGURA 3.5.: PRINCIPAIS CAUSAS GERADORAS DE INTERVENÇÃO .....	67
FIGURA 3.6.: MOTIVOS GERADORES DE INTERVENÇÕES EM FUNÇÃO DAS DURAÇÕES ...	68
FIGURA 4.1.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL COM 2 PARÂMETROS ..	74
FIGURA 4.2.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL COM 3 PARÂMETROS ..	75
FIGURA 4.3.: AJUSTE DOS DADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL COM 1 PARÂ- METRO .....	76
FIGURA 4.4.: AJUSTE DOS DADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL COM 2 PARÂ- METROS .....	77
FIGURA 4.5.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL .....	78
FIGURA 4.6.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL .....	79
FIGURA 4.7.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL COM 2 PARÂMETROS E INTERVALOS DE CONFIANÇA DE 90% .....	82
FIGURA 4.8.: CONFIABILIDADE EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	83
FIGURA 4.9.: PROBABILIDADE DE FALHA EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	84
FIGURA 4.10.: FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE (Pdf) .....	85
FIGURA 4.11.: FUNÇÃO TAXA DE FALHA PARA POÇOS PRODUTORES .....	86
FIGURA 4.12.: SUPERFÍCIE DE CONTOURO .....	87
FIGURA 4.13.: SUPERFÍCIE DA FUNÇÃO DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA .....	88
FIGURA 4.14.: HIDRATO .....	95
FIGURA 4.15.: LINHAS .....	96
FIGURA 4.16.: ÁRVORE DE NATAL MOLHADA (ANM) .....	97
FIGURA 4.17.: RESERVATÓRIO .....	98
FIGURA 4.18.: PARAFINAS NAS LINHAS .....	99
FIGURA 4.19.: VÁLVULA DE SEGURANÇA DE SUB-SUPERFÍCIE (DHSV) .....	100
FIGURA 4.20.: “GRAVEL PACK” – CONTENÇÃO DE AREIA .....	101
FIGURA 4.21.: COMPETIÇÃO ENTRE AS PRINCIPAIS CAUSAS DE FALHAS .....	103
FIGURA 4.22.: COMPETIÇÃO ENTRE CAUSAS DE FALHAS AGRUPADAS .....	104
FIGURA 4.23.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL COM 2 PARÂMETROS	107
FIGURA 4.24.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL COM 3 PARÂMETROS	108
FIGURA 4.25.: AJUSTE DOS DADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL COM 1 PARÂ- METRO .....	109
FIGURA 4.26.: AJUSTE DOS DADOS PARA A DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL COM 2 PARÂ- METROS .....	110
FIGURA 4.27.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL .....	111
FIGURA 4.28.: AJUSTE DOS DADOS PARA DISTRIBUIÇÃO NORMAL .....	112
FIGURA 4.29.: CONFIABILIDADE EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	115
FIGURA 4.30.: PROBABILIDADE DE FALHA EM FUNÇÃO DO TEMPO .....	116
FIGURA 4.31.: FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE (Pdf) .....	117
FIGURA 4.32.: FUNÇÃO TAXA DE FALHA .....	118
FIGURA 4.33.: SUPERFÍCIE DE CONTOURO .....	119
FIGURA 4.34.: SUPERFÍCIE DA FUNÇÃO DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA .....	120

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1.: TOTALIZAÇÃO DAS INTERVENÇÕES EM POÇOS .....	62
TABELA 3.2.: TOTALIZAÇÃO DAS INTERVENÇÕES EM POÇOS PRODUTORES .....	64
TABELA 3.3.: TOTALIZAÇÃO DAS INTERVENÇÕES EM POÇOS INJETORES .....	66
TABELA 4.1.: AJUSTE DOS PARÂMETROS E VALORES DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA ....	80
TABELA 4.2.: ESTIMATIVAS DAS PROBABILIDADES DE FALHAS .....	89
TABELA 4.3.: TAXA DE FALHAS PARA ALGUNS TEMPOS DE VIDA .....	90
TABELA 4.4.: EVOLUÇÃO DA VIDA CARACTERÍSTICA .....	91
TABELA 4.5.: AGRUPAMENTO DAS CAUSAS DE FALHAS .....	102
TABELA 4.6.: COMPORTAMENTO DAS TAXAS DE FALHAS .....	105
TABELA 4.7.: AJUSTE DOS PARÂMETROS E VALORES DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA ..	113
TABELA 4.8.: ESTIMATIVAS DAS PROBABILIDADES DE FALHAS .....	121
TABELA 4.9.: TAXAS DE FALHAS PARA ALGUNS TEMPOS DE VIDA .....	122

## RESUMO

A performance da manutenção da produção em campos de petróleo corresponde à maior parte do ciclo de vida dos projetos de desenvolvimento da produção. Envolve diferentes recursos e atividades, mas intervenção em poço é a operação associada mais importante e dispendiosa. Portanto, o planejamento e execução de intervenções são vitais para minimizar riscos e assegurar a rentabilidade desejada no desenvolvimento de campos de petróleo.

O presente estudo tem por objetivo propor uma metodologia, baseada na análise de dados, para auxiliar engenheiros na tarefa de planejar a manutenção de poços. Dados reais de um período de 12 anos de intervenções em poços petrolíferos, em águas profundas, de um grande projeto de desenvolvimento da produção da Bacia de Campos, Brasil, são coletados, catalogados e analisados. Vale a pena mencionar que, neste cenário particular em águas profundas, o banco de dados disponível para o estudo é único no gênero.

A atividade desta pesquisa compreende as seguintes fases: (1) Nove bancos de dados diferentes supriram dados, que são restritos a poços petrolíferos satélites “offshore” (submarinos), interligados a plataformas de produção, em lâmina de águas entre 500 e 1.500 metros. Os dados coletados geram um resumo, uma única base confiável de dados para trabalho, que é a base para as fases subseqüentes; (2) Uma análise preliminar é realizada, fornecendo as seguintes informações: número de intervenções, durações, causas e tipos de falhas; (3) Técnicas estatísticas e de engenharia de confiabilidade são utilizadas para obtenção do padrão das intervenções e alcance dos resultados desejados: modelagem das falhas, freqüências anuais, taxas de falha e tempo de sobrevivência dos poços; (4) Discussão dos principais resultados. Conclusões e sugestões para futuras pesquisas são apresentadas.

Observa-se que, apesar da existência de certa suspeita sobre sua confiabilidade, falha da Válvula de Segurança de Sub Superfície (DHSV) não é a principal razão para a intervenção em poços. A presente investigação concluiu que outras causas apresentam um histórico mais desfavorável. Também é possível concluir que o ajuste da distribuição de Weibull é mais adequado para a modelagem de falhas em poços que a premissa de taxa de falha constante. A análise dos dados também confirma que poços injetores de água são mais confiáveis, ou, em outras palavras, falham menos que poços produtores de óleo e que a vida característica dos poços continua em ascensão.

## **ABSTRACT**

The maintenance of the production performance corresponds to the longest period of an oil field lifetime. It involves different resources and activities, but well intervention is the most important and expensive operation associated with. Therefore, intervention planning and execution are vital to minimize risks and assure the targeted profitability of oil field developments.

The present study focuses on proposing a methodology, based on data analysis, to help engineers while performing well maintenance plans. Real field data from a 12 year period of oil well interventions performed in a major production project in deep water, Campos Basin, Brazil, are collected, catalogued and analyzed. It is worth to mention that, in this particular deep water scenario, the database available for the study is unique.

The research activity comprises the following phases: (1) Nine different databases supplied data, which are restricted to satellite offshore oil wells connected to production platforms in water depths ranging from 500 to 1,500 meters. The collected data are converted into a single reliable database, which is the basis for the subsequent phases; (2) A first analysis is performed, providing the following information: number of interventions, durations, causes and types of failures; (3) Statistics and reliability techniques are used to obtain intervention patterns and calculate some important outputs, such as: failure modeling, annual frequencies, failure rates and the wells survival time; (4) Main results are discussed. Conclusions and suggestions for further developments are presented.

It is observed that, despite the existence of certain skepticism about their reliability, failure of Down Hole Safety Valves (DHSV) is not the main reason for well interventions.

The present investigation concluded that some other causes present a much more unfavorable record. It is also possible to conclude that the Weibull distribution adjustment is more suitable to well failure modeling than the usual assumption of constant failure rate. The data analysis also confirms that water injector wells are more reliable, or, in other words, fail less, than oil producers and that the wells characteristic life is rising.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de pesquisa está relacionado à engenharia de confiabilidade, mais especificamente, à análise de dados de vida de poços petrolíferos em águas profundas na Bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

A confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um sistema, equipamento ou objeto executar suas funções adequadamente por um período específico de tempo, dentro de certas condições operacionais. Ela também pode ser associada com operações bem sucedidas, com ausência de quebras ou falhas e com confiança no desempenho (Accioly, 1995).

Matematicamente, a confiabilidade de um sistema (ou componente) na época  $t$ ,  $R(t)$  é definida como  $R(t) = P(T \geq t)$ , onde  $T$  é a duração da vida do sistema e  $P$  a probabilidade.  $R$  é denominada função de confiabilidade. Por exemplo, caso para um determinado componente,  $R(t_1) = 0,90$ , isto significa que aproximadamente 90% destas peças, utilizadas sob dadas condições, estarão ainda em funcionamento na época  $t_1$  (Meyer, 1984).































































































































































































































































































# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)